

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号
特開2002-246651
(P2002-246651A)

(43)公開日 平成14年 8 月30日 (2002. 8. 30)

(51)Int.Cl.⁷
H 0 1 L 33/00

識別記号

F I
H 0 1 L 33/00

テ-マコード*(参考)
N 5 F 0 4 1
C

審査請求 未請求 請求項の数9 O L (全 6 頁)

(21)出願番号	特願2001-43090(P2001-43090)	(71)出願人	000005120 日立電線株式会社 東京都千代田区大手町一丁目6番1号
(22)出願日	平成13年 2 月20日 (2001. 2. 20)	(72)発明者	秋元 克弥 茨城県土浦市木田余町3550番地 日立電線株式会社アドバンスリサーチセンタ内
		(72)発明者	柴田 真佐知 茨城県土浦市木田余町3550番地 日立電線株式会社アドバンスリサーチセンタ内
		(74)代理人	100116171 弁理士 川澄 茂

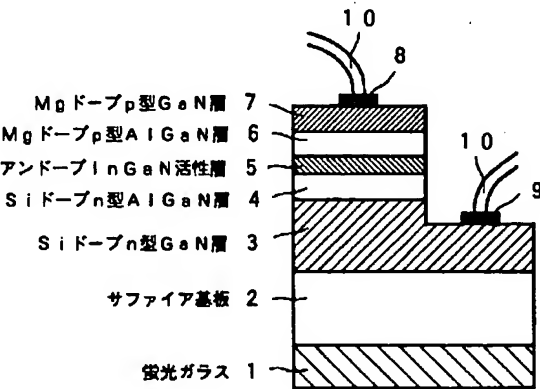
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 発光ダイオード及びその製造方法

(57)【要約】

【課題】従来の単色発光ダイオードと全く同様の樹脂モールドの材料及び工程が適用でき、且つ従来の単色発光ダイオードと比べて発光効率の低下や駆動電圧の上昇を招かない混合色発光ダイオードを得ること可能とする。

【解決手段】少なくとも1層の蛍光ガラス層1を有する基板2上に半導体層3〜7を積層した構成とするか、又は、半導体層13〜17を積層形成した化合物半導体ウェハに、少なくとも1層の蛍光ガラス層11を積層または接合した構成とする。



(2) 002-246651 (P2002-24%JL8)

【特許請求の範囲】

【請求項1】少なくとも1層の蛍光ガラス層を有する基板上に半導体層を積層させることを特徴とする発光ダイオードの製造方法。

【請求項2】半導体層を積層形成した化合物半導体ウェハに、少なくとも1層の蛍光ガラス層を積層または接合させることを特徴とする発光ダイオードの製造方法。

【請求項3】前記蛍光ガラス層の厚さを制御することにより所望の混合色を得ることを特徴とする請求項1又は2記載の発光ダイオードの製造方法。

【請求項4】少なくとも1層の蛍光ガラス層を有する基板上に半導体層を積層したことを特徴とする発光ダイオード。

【請求項5】半導体層を積層形成した化合物半導体ウェハに、少なくとも1層の蛍光ガラス層を積層または接合したことを特徴とする発光ダイオード。

【請求項6】前記蛍光ガラス層が、La、Ce、Pr、Nd、Pm、Sm、Eu、Gd、Tb、Dy、Ho、Er、Tm、Yb、Luのうち少なくとも1種類の元素を含むことを特徴とする請求項4又は5記載の発光ダイオード。

【請求項7】前記半導体層のうち少なくとも1層がGaN系の半導体層で構成されることを特徴とする請求項4～6のいずれかに記載の発光ダイオード。

【請求項8】発光スペクトルに少なくとも2つのピークを持つことを特徴とする請求項4～7のいずれかに記載の発光ダイオード。

【請求項9】前記半導体層の発光のCIE-XYZ表色系における色度座標が $0.2 \leq x \leq 0.5$ かつ $0.2 \leq y \leq 0.5$ の範囲にあることを特徴とする請求項4～8のいずれかに記載の発光ダイオード。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、単色光以外の発光を得ることが可能な発光ダイオード及びその製造方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】従来、化合物半導体を用いた発光ダイオードは、そのエネルギーバンドギャップに応じた単色光または単色光に近い光しか放出することができず、例えば白、赤紫、ピンク等の色は表現できなかった。

【0003】しかしながら、近年では青色発光ダイオードと青色以外の蛍光を持つ蛍光体を組み合わせ、青色発光ダイオードの発光の一部を蛍光体の励起光とし、発光ダイオードからの発光と蛍光体からの蛍光の混合色、特に白色を得る発光ダイオードが提供されている。

【0004】このような発光ダイオードの一例として、例えば特開平5-152609号公報による方法が公知である。特開平5-152609号公報による方法では、一般式 $Ga_{z1}Al_{1-z1}N$ ($0 \leq z1 \leq 1$) で表され

る化合物半導体からなる発光ダイオードチップをステム上に配置し、その周囲を樹脂でモールドする。上記樹脂には蛍光物質が含有されており、上記蛍光物質は発光ダイオードチップからの放射光により励起され、蛍光を生じる。結果として、発光ダイオードチップからの発光と蛍光物質からの蛍光の混合色を得ることができる。

【0005】一方、特開平5-152609号公報とは異なる方法として、特開2000-49374号公報による方法が公知である。特開2000-49374号公報による方法では、蛍光発光の中心となるドーパントを含有するGa_{z2}In_{1-z2}N ($0 \leq z2 \leq 1$) で表される化合物半導体で構成される発光層を積層し、発光ダイオードチップを得る。Ga_{z2}In_{1-z2}Nに含有される蛍光発光の中心となるドーパントは発光層からの放射光により励起され、蛍光を生じる。結果として、発光層からの発光とGa_{z2}In_{1-z2}Nに含有された蛍光発光の中心となるドーパントからの蛍光の混合光を得ることができる。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記特開平5-152609号公報による方法は以下に示す問題点を有する。すなわち、特開平5-152609号公報による方法は樹脂モールドに蛍光材料を含有させる工程が必須である。しかし、この工程は従来の単色発光ダイオードの製造工程には含まれないため、単色発光ダイオードの樹脂モールド工程をそのまま適用することはできない。

【0007】特開2000-49374号公報は上記問題点を解決する手法として提案された。すなわち、発光ダイオード中の発光ダイオードチップそのものが混合光を放射すれば、樹脂モールドの材料および工程は従来の単色発光ダイオードと全く同様で済むという考えによる。

【0008】しかし、特開2000-49374号公報による方法は以下に示す問題点を有する。第一に、良質のGa_{z2}In_{1-z2}Nの製造方法はまだ十分に確立されていないため、Ga_{z2}In_{1-z2}Nを用いた窒化ガリウム系発光ダイオードチップは、従来型のサファイア基板を用いた窒化ガリウム系発光ダイオードチップに比べて極めて高価であることがあげられる。第二に、Ga_{z2}In_{1-z2}Nに蛍光中心である酸素、窒素等の不純物や窒素空孔をドーピングすると、Ga_{z2}In_{1-z2}N基板に多数の結晶欠陥が生じることがあげられる。

【0009】このように多数の結晶欠陥を有するGa_{z2}In_{1-z2}N基板を用いた発光ダイオードチップは、良質のサファイア基板を用いたダイオードチップよりも発光効率が著しく低下したり、駆動電圧が上昇することは明白である。最悪の場合、発光しない可能性すらある。

【0010】本発明の目的は、上記問題点に鑑み、従来の単色発光ダイオードと全く同様の樹脂モールドの材料及び工程が適用でき、且つ従来の単色発光ダイオードと

(3) 002-246651 (P2002-24)JL8

比べて発光効率の低下や駆動電圧の上昇を招かない混合色発光ダイオードを提供することにある。

【0011】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、本発明は、次のように構成したものである。

【0012】本発明に係る発光ダイオードの製造方法は、少なくとも1層の蛍光ガラス層を有する基板上に半導体層を積層させる（請求項1）か、又は、半導体層を積層形成した化合物半導体ウェハに、少なくとも1層の蛍光ガラス層を積層または接合させる（請求項2）ことを特徴とする。前記蛍光ガラス層の厚さを制御することにより所望の混合色を得ることができる（請求項3）。

【0013】本発明に係る発光ダイオードは、少なくとも1層の蛍光ガラス層を有する基板上に半導体層を積層した構成（請求項4）か、又は、半導体層を積層形成した化合物半導体ウェハに、少なくとも1層の蛍光ガラス層を積層または接合した構成（請求項5）を特徴とする。

【0014】本発明においては、前記蛍光ガラス層が、La、Ce、Pr、Nd、Pm、Sm、Eu、Gd、Tb、Dy、Ho、Er、Tm、Yb、Luのうち少なくとも1種類の元素を含み（請求項6）、前記半導体層のうち少なくとも1層がGaN系の半導体層で構成される（請求項7）。

【0015】また本発明の発光ダイオードは、発光スペクトルに少なくとも2つのピークを持ち（請求項8）、前記半導体層（発光素子）の発光のCIE-XYZ表色系における色度座標が $0.2 \leq x \leq 0.5$ 且つ $0.2 \leq y \leq 0.5$ の範囲にあることを特徴とする（請求項9）。

【0016】＜発明の要点＞本発明の要点は、発光ダイオードを構成する層の一部に蛍光ガラスを用いることにある。この蛍光ガラスは半導体層からの発光によって励起されて蛍光を生じ、結果的に半導体層からの発光と蛍光ガラス蛍光の混合色を得ることができる。従来型の混合色発光ダイオードと異なり、本発明による発光ダイオードは発光ダイオードチップ自体が混合色を放射するため、モールド工程で蛍光体を混入させる必要はなく、従来型の単色発光ダイオードと同じモールド工程が適用できる。

【0017】＜要点の補足説明＞本発明による発光ダイオードは、少なくとも1層の蛍光ガラスからなる層を有する。この蛍光ガラス層は半導体層からの発光によって励起されて蛍光を生じ、結果的に半導体層からの発光と蛍光ガラス層からの蛍光の混合色を得ることができる。

【0018】蛍光ガラスはその組成によって様々な波長の蛍光を生じることが知られている。したがって、蛍光ガラスの種類を適当に選択することで所望の混合色を得ることが可能である。例えば、半導体層からの発光と補色の関係にある蛍光を有する蛍光ガラスを用いれば白色

を得ることが可能である。

【0019】さらに、蛍光ガラス層の厚さを制御することで、半導体層からの発光と蛍光ガラス層からの蛍光の割合を制御し、混合色を制御することも可能である。

【0020】本発明による発光ダイオードを構成する半導体層の材料について制限はないが、一般的に蛍光体の励起に必要な波長は蛍光の波長よりも短くなければならぬことを考慮すると、半導体層には青色の発光を持つGaN系化合物半導体が望ましい。

【0021】しかしながら、励起波長よりも短い波長の蛍光、いわゆるアップコンバージョン蛍光を有する蛍光ガラスを使用するならば、必ずしもGaN系化合物半導体を用いる必要はなく、緑色から赤色にかけての発光を有するAlGaInP系、AlGaAs系、GaP系等の化合物半導体を用いてもよい。

【0022】さらに、蛍光ガラス層は単に蛍光を得るためだけに存在する必要はなく、半導体層を積層するための基板を兼ねてもよい。

【0023】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照しながら本発明の実施形態を説明する。

【0024】＜実施形態1＞図1に本発明の第一の実施形態にかかわる発光ダイオードの模式的な断面図を示す。

【0025】Erを含有する蛍光ガラス（蛍光ガラス層1）とサファイア基板2をウェハボンディングにより貼り合わせ、サファイア基板2上に有機金属気相成長法を用いて、Siドーパ型GaN層3、Siドーパ型AlGaN層4、アンドープInGaN活性層5、Mgドーパ型AlGaN層6、Mgドーパ型GaN層7をこの順に積層する。積層する結晶は、Mgドーパ層6及び7をp型化させるために窒素雰囲気中で熱処理を施す。

【0026】熱処理を施してMgドーパ層6及び7をp型化させた段階で、結晶表面の一部をエッチングによりn型GaN層3に到達するまで掘り下げ、そのn型GaN層3の上記エッチング部上にn側電極9を、そしてp型GaN層7上にp型電極8をそれぞれ形成すると、ダブルヘテロ構造のGaN系発光ダイオードができる。

【0027】すなわち、少なくとも1層の蛍光ガラス層1を有するサファイア基板2上に、GaN系の化合物半導体層を積層させて、発光ダイオードを製造する。

【0028】このようにして作製した発光ダイオードの電極8及び9にそれぞれワイヤ10をボンディングして通電したところ、図2に示すような発光スペクトルが得られた。波長460nm近傍のピークはInGaN活性層5からの発光であり、波長540nm近傍のピークは蛍光ガラス（蛍光ガラス層1）の蛍光である。

【0029】色度座標を測定したところ $x=1.6$ 、 $y=2.7$ であった。目視により確認したところ、発光は

(4) 002-246651 (P2002-24%JL8)

やや青みのかかった白色であった。

【0030】ここで、CIE-XYZ表色系における色度座標について述べる。

【0031】半導体層、蛍光ガラスともにそれぞれのエネルギー準位で規定されている波長の光しか放出できない。そのため、これらを単独で発光させたときのCIE-XYZ表色系における色度座標はそれぞれある一点に定まる。半導体層の発光の色度座標を(X_{sc} , Y_{sc})、蛍光ガラスの発光の色度座標を(X_{GALASS} , Y_{GALASS})とすると、本発明による発光ダイオードの発光の色度座標は、この2点(X_{sc} , Y_{sc})(X_{GALASS} , Y_{GALASS})を結ぶ直線上に存在する。直線上のどの点になるかは半導体層の発光強度と蛍光ガラスの発光強度の比で決まり、半導体層の発光強度が強ければ(X_{sc} , Y_{sc})に近づき、蛍光ガラスの発光強度が大きければ(X_{GALASS} , Y_{GALASS})に近づく。したがって、蛍光ガラスの厚さ等で発光強度比を制御すれば、2点間を結ぶ直線上の所望の色を得ることができる。

【0032】蛍光ガラスが2種類以上ある場合には、同様の方法で順次混合色の色度座標を求めていけば最終的な発光ダイオードの色度座標が求まる。

【0033】CIE-XYZ表色系における混色については、例えば「光工学ハンドブック」(小瀬 他、朝倉書店(1986))p116・119に詳細が述べられている。

【0034】また、光の吸収を考慮すると、波長の短い発光を有する層ほど光取り出し側に近い方が好ましい。

【0035】<実施形態2>図3に本発明の第二の実施形態にかかわる発光ダイオードの模式的な断面図を示す。

【0036】サファイア基板12上に有機金属気相成長法を用いて、Siドープn型Ga_{0.9}N層13、Siドープn型AlGa_{0.1}N層14、アンドープInGa_{0.5}N活性層15、Mgドープp型AlGa_{0.5}N層16、Mgドープp型Ga_{0.5}N層17をこの順に積層する。積層する結晶は、Mgドープ層16及び17をp型化させるために窒素雰囲気中で熱処理を施す。

【0037】熱処理を施してMgドープ層16及び17をp型化させた段階で、サファイア基板12のn型Ga_{0.9}N層13が積層されている面とは反対側の面に、Tbを含有する蛍光ガラス(蛍光ガラス層11)を、ウェハーボンディングにより貼り合わせた。

【0038】次いでn型Ga_{0.9}N層13が積層されている側の表面の一部をエッチングによりn型Ga_{0.9}N層13に到達するまで掘り下げ、そのn型Ga_{0.9}N層13の上記エッチング部上にn側電極19を、そしてp型Ga_{0.5}N層17上にp型電極18をそれぞれ形成すると、ダブルヘテロ構造のGa_{0.5}N系発光ダイオードができる。

【0039】すなわち、半導体層を積層形成したGa_{0.5}N系の化合物半導体ウェハに、少なくとも1層の蛍光ガラ

ス層11を積層または接合させることにより発光ダイオードを製造する。

【0040】こうして作製した発光ダイオードの電極18及び19にそれぞれワイヤ20をボンディングして通電したところ、図4に示すような発光スペクトルが得られた。波長460nm近傍のピークはInGa_{0.5}N活性層15からの発光であり、波長580nm近傍のピークは蛍光ガラス(蛍光ガラス層11)の発光である。

【0041】色度座標を測定したところ $x=3.0$, $y=2.2$ であった。目視により確認したところ、発光は淡い紫色であった。

【0042】<実施形態3>図5に本発明の第三の実施形態にかかわる発光ダイオードの模式的な断面図を示す。蛍光ガラス層1の厚さを除き、他は図1と同一構造である。

【0043】ここでは、実施形態1で得られた発光ダイオードの蛍光ガラス層1を半分の厚さになるまで研磨した。

【0044】実施形態1と同様、電極8および9にそれぞれワイヤ10をボンディングして通電したところ、図6に示すような発光スペクトルが得られた。波長460nm近傍のピークはInGa_{0.5}N活性層5からの発光であり、波長540nm近傍のピークは蛍光ガラス(蛍光ガラス層1)の発光である。

【0045】色度座標を測定したところ $x=1.5$, $y=1.9$ であった。実施形態1とまったく同じ材料で構成されているにも関わらず色度座標が異なるのは、蛍光ガラス層1の厚さの減少に伴い蛍光ガラス層1からの発光量が減少し、InGa_{0.5}N活性層5からの発光と蛍光ガラス層1からの発光の強度の比が変わったためである。目視により確認したところ、発光はやや白っぽい紫色であった。

<他の実施形態>実施形態1～実施形態3で示した半導体層は、必ずしもGa_{0.5}N系の化合物半導体で構成される必要はなく、所望の色及び蛍光ガラスの最適励起波長に合わせてGaAs系、AlGaAs系、GaP系等の化合物半導体で構成してもよい。さらに、半導体層の発光は必ずしも単色である必要はなく、所望の色が得られるように2つ以上の発光スペクトルのピークを持つように半導体層を構成してもよい。

【0046】また、蛍光ガラス層は必ずしも1層である必要はなく、必要に応じて2層以上の蛍光ガラス層を用いてもよい。さらに、蛍光ガラス層の発光ピークは必ずしも1つである必要はなく、2つ以上の発光ピークを持つ蛍光ガラス層を使用してもよい。

<使用方法、応用システムなど>本発明による発光ダイオードは、照明機器、液晶用バックライト、各種インジケータ、表示パネル等、これまで単色の発光ダイオードでは表現できなかった分野に応用が可能である。さらに、低消費電力、軽量、小型等の利点を生かし、蛍光灯

(5) 002-246651 (P2002-24)JL8

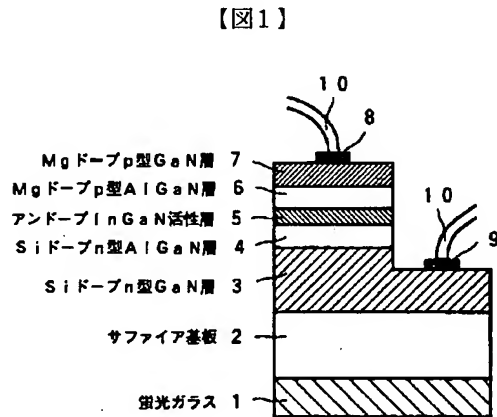
等の従来の照明機器の置き換えも可能である。

【0047】

【発明の効果】以上説明したように本発明によれば、発光ダイオードを構成する層の一部に蛍光ガラスを用いており、この蛍光ガラスが半導体層からの発光によって励起されて蛍光を生じ、結果的に半導体層からの発光と蛍光ガラス蛍光の混合色を得る構成となっている。従来型の混合色発光ダイオードと異なり、本発明による発光ダイオードは、発光ダイオードチップ自体が混合色を放射するため、モールド工程で蛍光体を混入させる必要がなく、従来型の単色発光ダイオードと同じモールド工程を適用して製造することができ、且つ混合色を表現できる発光ダイオードが提供される。つまり本発明によれば、従来の単色発光ダイオードと全く同様の樹脂モールドの材料及び工程が適用でき、且つ従来の単色発光ダイオードと比べて発光効率の低下や駆動電圧の上昇を招かない混合色発光ダイオードが得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第一の実施形態にかかわる発光ダイオードの模式的な断面図である。



【図2】本発明の第一の実施形態にかかわる発光ダイオードの発光スペクトルを示す図である。

【図3】本発明の第二の実施形態にかかわる発光ダイオードの模式的な断面図である。

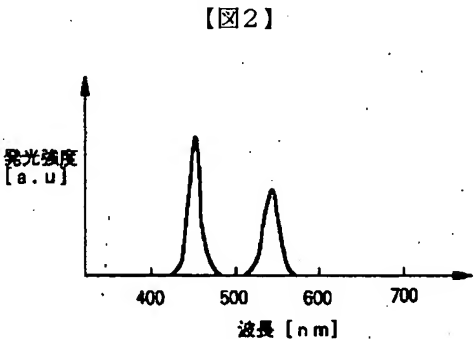
【図4】本発明の第二の実施形態にかかわる発光ダイオードの発光スペクトルを示す図である。

【図5】本発明の第三の実施形態にかかわる発光ダイオードの模式的な断面図である。

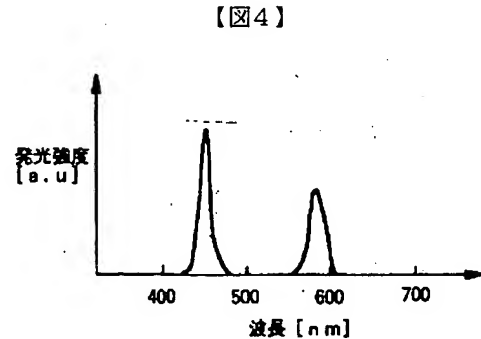
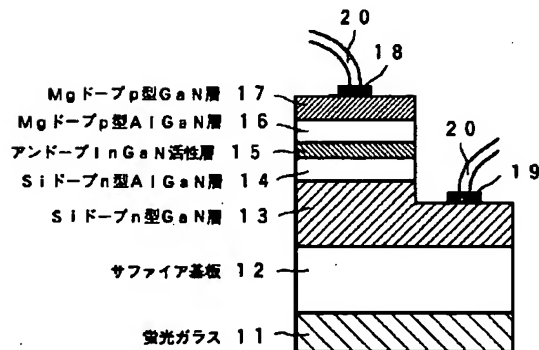
【図6】本発明の第三の実施形態にかかわる発光ダイオードの発光スペクトルを示す図である。

【符号の説明】

- 1 Er含有蛍光ガラス層
- 2、12 サファイア基板
- 3、13 Siドープn型GaN層
- 4、14 Siドープn型AlGaIn層
- 5、15 アンドープInGaIn活性層
- 6、16 Mgドープp型AlGaIn層
- 7、17 Mgドープp型GaN層
- 11 Tb含有蛍光ガラス層

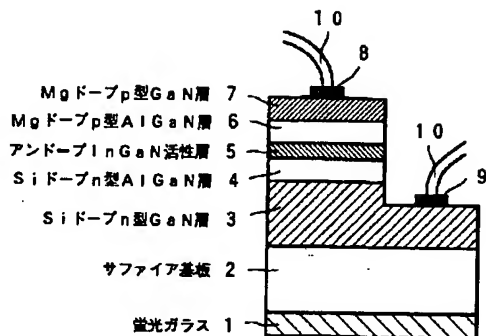


【図3】

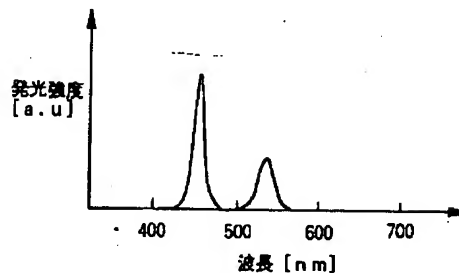


(6) 002-246651 (P2002-24%JL8

【図5】



【図6】



フロントページの続き

(72)発明者 土屋 忠蔵

茨城県土浦市木田余町3550番地 日立電線
株式会社アドバンスリサーチセンタ内

(72)発明者 大島 祐一

茨城県土浦市木田余町3550番地 日立電線
株式会社アドバンスリサーチセンタ内

Fターム(参考) 5F041 AA11 AA12 CA40 CA46 EE25

FF01 FF11